

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

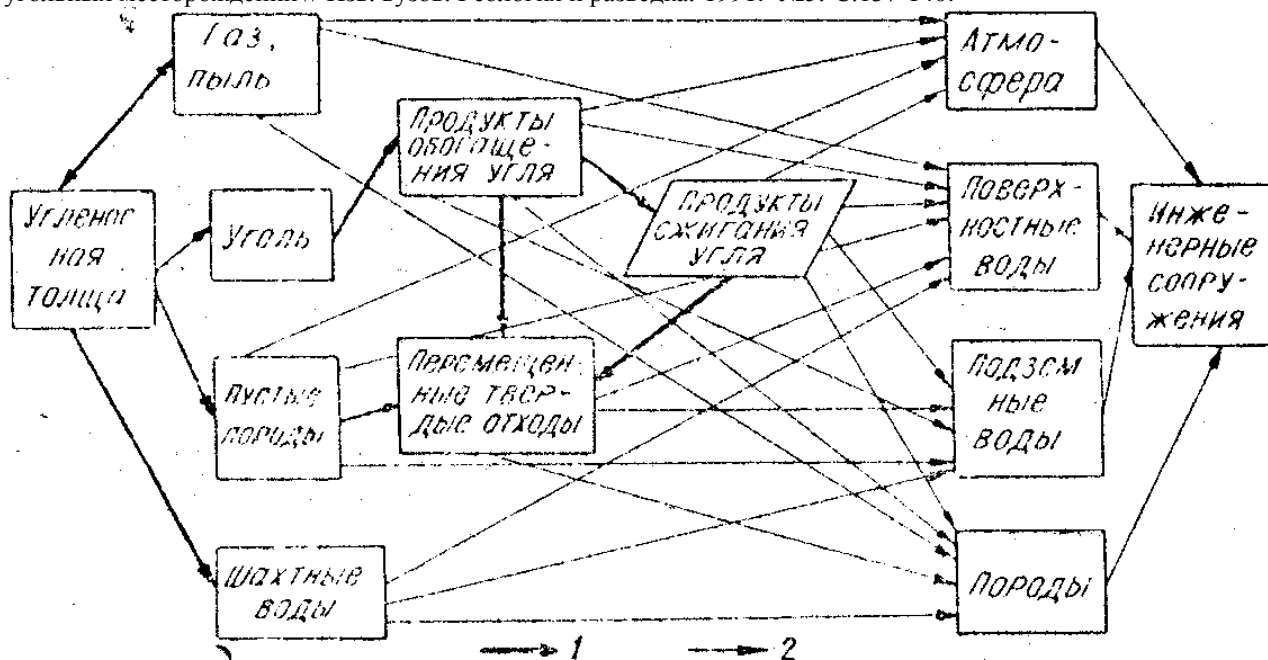
Угленосные формации занимают 15% территории континентов. Мировые ресурсы угля по данным различных международных организаций составляют от 8 до 16 трлн т. В мире ежегодно добывается около 2 млрд т угля, при этом из недр извлекается большое количество твердых, жидких и газообразных отходов. В СССР около 700 шахт поставляют порядка 500 млн т угля в год, что сопровождается выбросом около 6 млрд м³ метана, более 3 млрд м³ углекислого газа, 12,5 тыс. т пыли, около 1,4 млрд м³ сточных вод и 110,8 млн т породы [1].

Добыча и переработка каменного угля сопровождаются отчуждением земель и загрязнением окружающей среды. В условиях земной поверхности извлекаемые из недр вещества и продукты их переработки химически неустойчивы, под их воздействием возникают техногенно-геохимические системы [3], контрастность которых с природными приводит к интенсивной миграции вещества, развитию необратимых физико-химических процессов, существенно изменяющих все компоненты геологической среды и негативно воздействующих на инженерные сооружения.

Геохимические особенности угленосных толщ. Угленосные формации имеют ритмичное строение. Пласты угля переслаиваются с песчаниками, глинистыми породами, реже известняками. В состав угля и вмещающих пород входят углерод, водород, кислород, азот (преимущественно в органическое вещество), кремний, алюминий, железо, кальций, магний; калий, натрий (главным образом в минеральную часть), сера и фосфор, занимающие промежуточное положение [5]. Одним из геохимически активных компонентов является сера. Ее концентрация в углях (в пределах СССР) составляет в среднем 1,5%, в отдельных месторождениях и пластах 12%, а местами достигает 20%. Сера находится в сульфидной, органической, сульфатной и элементной формах.

На различных стадиях формирования и преобразования угленосных формаций (седиментогенеза, диагенеза, ката- и гипергенеза) изменяются термодинамические, окислительно-восстановительные, кислотно-щелочные, биохимические условия, которые определяют миграционную способность элементов и формы их нахождения. В стадию диагенеза под действием сульфатредуцирующих бактерий сера сульфатов восстанавливается до элементной и сероводорода с последующим связыванием в составе трудно мигрирующих сульфидов и органических соединений. В зоне гипергенеза при участии кислорода подземных вод происходит биохимическое окисление сульфидов. Развивается сернокислотный процесс.

Миграция вещества при разработке месторождений. Геохимические процессы в зоне гипергенеза активизируются в связи с разработкой угольных месторождений и охватывают все компоненты геологической среды (породы, подземные и поверхностные воды, подземную и наземную атмосферу, биосферу). Возникает новый вид техногенной миграции вещества, связанной с технологическими операциями извлечения полезного ископаемого, его транспортирования и переработки, откачки подземных вод и газа (рисунок). На примере Кизеловского каменноугольного бассейна на Урале установлено, что наибольшее влияние на геологическую среду оказывают шахтные воды, твердые отходы угледобычи и углеобогащения, складываемые в отвалы.



Основные пути техногенной миграции вещества в угледобывающих районах
 1 - при технологических операциях; 2 - под влиянием естественных факторов

Влияние шахтных вод. Оработка угольных месторождений связана с откачкой шахтных и дренажных вод. В Кизеловском бассейне вследствие интенсивной нарушенности угленосной толщи, больших глубин разработки (до 1 км), наличия в покрывающих отложениях закарстованных карбонатных пород водопритоки в шахты составляют 80-300 м³/ч, а в зоне влияния карста достигают 2500 м³/ч [6]. Химический состав шахтных вод зависит в основном от гидродинамических условий, содержания в угленосной формации серы, карбонатов и рассеянных элементов. Если содержание серы в углях превышает 4%, то в результате окисления сульфидов вода приобретает кислую реакцию (рН=2-3) и сульфатный состав. Трещинно-карстовые воды карбонатных пород, обладающие высоким окислительным потенциалом, нейтральной средой (рН=7,3-7,5), гидрокарбонатно-кальциевым составом и минерализацией 0,06-1,5 г/л взаимодействуют в шахтах с богатыми серой угленосными породами и преобразуются в сульфатные железисто-алюминиевые натриево-кальциевые воды с минерализацией 2,5-19 г/л. В ходе эксплуатации она возрастает до 35 г/л. Шахтные воды по сравнению с природными обогащены микроэлементами: свинцом, медью, цинком, никелем, кобальтом и др.

В бассейне ежегодно сбрасывается в реки более 100 млн м³ шахтных вод, загрязненных сульфатами, закисным и окисным железом, алюминием, взвешенными веществами [2]. Одна из рек в естественных условиях имеет минерализацию 53—250 мг/л, гидрокарбонатно-кальциевый состав (рН 6,5—7,8). В зоне влияния угольных шахт минерализация речной воды увеличивается до 5 г/л (рН 2,3—3,1), причем преобладает сульфатный тон (до 3 г/л). В окислительной среде оксиды железа выпадают из воды и отлагаются по берегам и на донных отложениях в виде красноватых налетов.

Воздействие твердых отходов угледобычи. При добыче каждой тысячи тонн угля шахтным способом на поверхность в среднем доставляется 1-00—115 м³ породы [8]. В 1986 г. общая площадь отвалов на территории СССР составляла около 10 тыс. га. Породы в отвалах геохимически неоднородны, что определяется вещественным составом угленосной толщи, технологией добычи и процессами преобразования углеотходов на земной поверхности. Значительные площади отвалы занимают в Кизеловском бассейне. Добыча угля здесь ведется с 1797 г. Визейская угленосная формация сложена песчаниками, алевролитами, аргиллитами с прослоями каменного угля. Верхняя часть разреза представлена известняками. Угли высокосернистые, содержат (в процентах) в среднем по

Максимович Н.Г., Горбунова К.А. Геохимические изменения геологической среды при разработке угольных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка.-1991.- №5.-С.137-140.

бассейну: чистый уголь 85, глина 9, пирит 4, прочие примеси 2. Местами содержание пирита возрастает до 9% [4].

Породные отвалы состоят из обломков аргиллита, песчаника, известняка с включением угля. В них возникает особая физико-химическая обстановка вследствие совместного нахождения углистого вещества и пирита. Перемещение пород на земную поверхность из зоны кислородного дефицита, разгрузка их от горного давления активизируют гипергенные процессы: физическое выветривание, окисление, растворение, гидролиз, гидратацию, метасоматоз и др.

Характерная реакция - окисление пирита с образованием сульфатов и серной кислоты, которая является окислителем. Она разлагает силикаты и алюмосиликаты. В кислой среде (рН=2-3) становятся подвижными многие катионногенные элементы. Растворы обогащаются железом, алюминием, магнием, натрием, калием. Реакции окисления сопровождаются выделением тепла и самовозгоранием отвалов. В местах горения, где температура превышает 1000°C, развиваются процессы, близкие к эндогенным. Горение отвалов продолжается в течение нескольких лет. Продукты горения загрязняют атмосферу и осаждаются на поверхности земли.

В результате выветривания, обжига и переплавления, пневматолитовых и фумарольных явлений в отвалах образуется комплекс природно-техногенных минералов. Среди минералов горелых отвалов в Челябинском угольном бассейне описано более 40 видов [9].

В отвалах шахт Кизеловского бассейна с помощью рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии установлены минералы: самородные (сера), карбиды (муассанит), сульфиды (пирит, марказит), оксиды и гидроксиды (кварц, корунд, гематит, магнетит, лимонит и др.), карбонаты (кальцит, арагонит, сидерит), сульфаты (язозит, алуниит, гипс, барит, мелантерит и др.), силикаты (каолин, муллит, серицит, иллит, хлорит, полевые шпаты и др.). Как среди природных, так и техногенных минералов присутствуют серосодержащие: пирит, марказит, ярозит, алуниит, гипс и др. Концентрация серы сульфидов в разновозрастных отвалах изменяется от 3 до 8%. Реакция пород сильноокислая, рН водной суспензии 1,9—2,6, а в отвалах 50-летнего возраста 3,2 [7]. В водах, фильтрующихся через отвалы и стекающих по их поверхности, содержание сульфатного иона достигает 47 г/л при рН, равном 1,8, и минерализации, достигающей 70 г/л. В составе поверхностного стока с территории шахт установлены взвешенные вещества, алюминий, железо. Обнаружены также никель, медь, свинец, кобальт. При взаимодействии с техногенными водами изменяются свойства грунтов, что способствует развитию процессов оползания, суффозии и карста.

Воздействие на инженерные сооружения. Отвалы угольных шахт являются источником загрязнения окружающей среды. С целью восстановления экологического равновесия производятся их рекультивация и ликвидация путем использования в качестве минерального сырья или строительного материала. Применение пород шахтных отвалов в строительстве возможно только после тщательного изучения их состава, выявления в них содержания и форм нахождения геохимически активных компонентов, установления динамики геохимических процессов формирования агрессивных сред. Это подтверждает опыт использования горелых и негорелых пород шахтных отвалов в смеси с естественным грунтом при сооружении строительной площадки одного из промышленных предприятий в Кизеловском бассейне.

Насыпные техногенные грунты включали от 40 до 90% серосодержащих шахтных отвалов. В них сформировался локальный водоносный горизонт, уровень которого залегал выше основания фундамента сооружения. За период наблюдений (1984 - 1990 гг.) минерализация воды в отдельных пунктах достигла 7 г/л при содержании сульфатного иона до 4,5 г/л. Как показали геохимические исследования, в пробах воды встречаются тиобациллы, которые повышают интенсивность окисления соединений серы. Вода из слабоагрессивной преобразовалась в сильноагрессивную к бетону.

Аспекты управления геохимическими процессами. Угленосные отложения характеризуются восстановительной обстановкой формирования. В процессе добычи она

Максимович Н.Г., Горбунова К.А. Геохимические изменения геологической среды при разработке угольных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка.-1991.- №5.-С.137-140.

сменяется окислительной, что приводит к развитию сернокислотного процесса в серо-содержащих угленосных формациях. Техногенно-геохимические процессы сопровождаются загрязнением атмосферы, поверхностных и подземных вод. Сернокислотный процесс изменяет фильтрационные свойства грунтов, формирует кислые сульфатные агрессивные к бетону и металлическим конструкциям среды, способствует развитию оползней, карста и других опасных геологических процессов.

Негативное воздействие разработки угольных месторождений на геологическую среду может быть снижено созданием искусственных геохимических барьеров (щелочной, сульфатный, кислородный, адсорбционный, биогеохимический) путем использования природных веществ (кислорода воздуха), пород (известняков), отходов различных производств (например, золошлаков). Как показали опытные работы на объектах, возможна сравнительно простая технологическая реализация таких барьеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айруни А.А. Охрана окружающей среды при подземной добыче угля. М.: ЦНИЭИуголь, 1979,
2. Баньковская В.М., Максимович Н. Г. Охрана рек Камского бассейна от загрязнения сточными водами предприятий угольной промышленности // Тез. докл. Всес. научн. конференции. Тбилиси, 1987.
3. Воронкевич С.Д. О техногенно-геохимических системах в инженерной геологии//Инженерная геология. 1980. № 5.
4. Еремин И.В. Изменение и петрографические особенности углей при окислении в естественных условиях. М., 1980.
5. Клер В.Р. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР: Геохимия элементов. М.: Наука, 1987.
6. Миронов К.В., Поляков В.Ф. Кизеловский угольный бассейн // Горная энциклопедия. 1987. № 3.
7. Никифорова Е.М., Солнцева Н.П. Техногенные потоки серы в гумидных ландшафтах районов угледобычи //Вест. МГУ. Сер. 5—геогр. 1986. № 3.
8. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М: Наука, 1987.
9. Чесноков Б.В. и др. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна. Свердловск: Урал. Научн. центр АН СССР, 1987.

Пермский университет